

КРОВООБРАЩЕНИЕ ТРЕТЬЕГО КРУГА

Завьялов А.И., Завьялов Д.А., Завьялов А.А.

*Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия*

Третий круг кровообращения – кровообращение сердца. Прямо над клапаном аорты отходят коронарные артерии и сеть их ответвлений, которые снабжают кровью само сердце. Эти артерии охватывают сердце подобно короне, отсюда их название – "коронарные" [1:43]. Коронарные сосуды (артерии и вены) располагаются не в толще миокарда, а сверху него. Ранее нами было открыто явление наполнения кровью желудочков сердца человека за счет возрастающего отрицательного давления (до -155 мм рт. ст.) во время систолы желудочков в герметичной полости перикарда [2; 3].

Принципиальное описание коронарного кровотока у человека в покое можно условно начинать с систолы желудочков. Во время систолы сердца тканевое давление в миокарде левого желудочка повышается в направлении от эпикарда к эндокарду на протяжении всей систолы [4:97]. Это говорит о том, что сокращение миокарда в фазе систолы сердца способствует перемещению крови внутри его по капиллярной системе в венозные сосуды! Выброс крови миокардом из обоих желудочков сердца освобождает значительный объем (100-150 мл) в герметичной системе сердце-перикард и по закону Бойля-Мариотта между эпикардом и перикардом возникает разреженное пространство с отрицательным давлением. Это приводит к понижению давления в этой полости до -155 мм рт. ст. [3].

Вакуум в перикардиальной полости растягивает артериальные и венозные сосуды, всасывающие кровь из капилляров (вены) и из луковичи аорты (артерии). В свою очередь кровь выдавливается сжимающей силой миокарда в вены и высасывающей силой отрицательного давления в перикардиальной полости. Из луковичи аорты (синусы Вальсальвы) под высоким систолическим давлением (120 мм рт.ст.) и низким отрицательным давлением в перикардиальной полости (-155 мм рт.ст.) кровь поступает в коронарные артерии. Разность давлений (градиент) составляет: $+120 - (-155) = 275$ мм рт.ст. Это подтверждают и другие авторы: «какое-то количество крови поступает во время систолы в коронарные артерии, а это означает, что отверстия коронарных артерий в это время не закрыты створками аортального клапана» [5:277].

Во время систолы желудочков происходит растяжение предсердий, в которых возникает разреженное пространство, присасывающее через венозный синус кровь в правое предсердие из коронарных вен, способствуя систолическому перемещению венозного кровотока (присасывающая функция сердца во время систолы [28:47]). Все эти сложные и четко взаимодействующие процессы, обеспечивающие максимальное наполнение сосудов сердца кровью во время систолической фазы сердца, длятся около 0,3 с и хорошо определяются на электрокардиограмме (ЭКГ) систолическим комплексом зубцов QRST или, например, по формулам В.Л. Карпмана [7].

Возврат сердца в исходное состояние (диастола) длится около 0,2 с на протяжении зубца U ЭКГ [8]. В этой фазе миокард расслаблен и растягивается отрицательным давлением в перикардиальной полости, одновременно коронарные артерии продолжают пополняться из луковичи аорты, но уже под пониженным по сравнению с систолой диастолическим давлением – в аорте +80, а в перикардиальной полости – 155. Разность давлений (градиент) составляет: $80 - (-155) = 235$ мм рт. ст.]. Кровь под действием вакуума в перикардиальной полости заполняет русло венул. Отрицательное давление в перикардиальной полости, расширяющее венозные сосуды, способствует всасыванию венозной крови из капилляров.

Конечно-диастолическая фаза коронарного кровотока очень короткая и динамичная. Длительность ее – мгновение, но эффективность высокая. По существу: это удар – сердечный толчок. Это явление обусловлено остановкой стенок желудочков сердца в конечном диастолическом положении, толчком в стенки перикарда, ограничивающим растяжение желудочков под воздействием отрицательного давления в перикардиальной полости. Чем сильнее сокращение, тем стремительней возврат, тем сильнее сердечный конечно-диастолический толчок (удар). Стенки перикарда на этом этапе играют роль «тормоза» – ограничением для остановки стенок желудочков сердца. Небольшое скользящее движение сердца в сторону верхушки при ударе снижает ударную нагрузку, а трение, возникающее при соприкосновении эпикарда с перикардом, уменьшается за счет смазывающей серозной жидкости. В этой фазе возникает так называемый гидравлический удар. Кровь стремительно впрыскивается из артерий в толщу расслабленного миокарда, насыщая капилляры, а из коронарных вен впрыскивается в отверстие венозного синуса правого предсердия, при этом гребешок венозного синуса направляет поток в сторону трехстворчатого клапана.

Предсердно-систолическая фаза коронарного кровотока начинается с систолы предсердий (зубец Р на ЭКГ), длится примерно 0,15 секунды до начала систолы сердца и соответствует на ЭКГ интервалу PQ. Назначение этой фазы для сердца и коронарного кровообращения вспомогательное, значительно повы-

шающее коэффициент полезного действия сердца. Именно предсердия реализуют закон Франка-Старлинга, предварительно растягивая миокард для более эффективного последующего сокращения. Чем сильнее сократятся предсердия, тем большая дополнительная порция крови поступит в желудочки, тем больше желудочки растянутся перед сокращением, тем сильнее в соответствии с законом Франка-Старлинга сократится миокард. В то же время дополнительное поступление крови из предсердий сильнее прижимает эпикард к перикарду, еще более сплющивая сосуды между этими стенками, полностью опорожняя их, и остаток крови поступает из артерий в расслабленный миокард, а из вен – в правое предсердие. Коронарные сосуды вновь готовы принять кровь в очередную систолу желудочков сердца.

Таким образом, механизм коронарного кровотока в корне отличается от кровообращения других органов, который обеспечивает бесперебойную и эффективную доставку крови в миокард при любых режимах работы здорового сердца. Кровообращение сердца активно во всех фазах его деятельности. Во время систолы желудочков сердца даже в покое у человека кровь поступает в коронарные артерии под действием градиента давления около 275, а во время диастолы около 235 мм рт. ст. Именно эти факторы обеспечивают эффективную работу третьего круга кровообращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дебейки М., Готто-младший А. Новая жизнь сердца: пер. с англ. / Под ред. член-корр. РАМН проф. Р.С. Акчурина. — М.: ГЭОТАР «Медицина», 1998. — 500 с.
2. Завьялов А.И., Завьялова Т.В. Гипотеза о механизме наполнения кровью полостей сердца человека // Научные открытия (сборник кратких описаний научных открытий. — 2002 г.). — Вып. 1. — М., 2002. — С.55-56.
3. Завьялов А.И. Перспективы развития ВУЗовской науки: Всероссийская научная конференция, Сочи (Дагомыс), 20-23 сентября 2008 г. — Фундаментальные исследования. — № 9. — М.: Изд. дом «Академия Естествознания», 2008. — С. 98-99.
4. Маршак М.Е., Саноцкая Н.В. Факторы, определяющие напряжение кислорода в ткани миокарда в норме и при местной ишемии миокарда // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения: сборник научных работ, посвященный памяти академика В.В.Парина / Под ред. А.М.Чернуха. — М.: Медицина, 1976. — С. 95-107.
5. Caro C.G., Pedley T.J., Schroter R.C., Seed W.A. Механика кровообращения: пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 624 с.
6. Тихонов К.Б. Функциональная рентгеноанатомия сердца. — М.: Медицина, 1978. — 256 с.
7. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. — М.: Медицина, 1965. — 230 с.
8. Завьялов А.И. Зубец U электрокардиограммы — "собственная" диастола желудочков // Физиология человека. — 1983. — Т.9. — №6. — С.935-938.